PARTE II^
Elaborazioni e commenti

I profili emissivi

L'emissione di un impianto di incenerimento è una miscela complessa di inquinanti nella quale si possono distinguere alcuni gruppi caratterizzati da elementi comuni. In tutto questo studio è stata posta particolare attenzione a tre di questi gruppi: diossine/furani, PCB e metalli.
La distribuzione delle quantità relative dei singoli componenti di ognuno di questi gruppi prende il nome di profilo emissivo di quella miscela; ogni inquinante presente risulta allora caratterizzato da un *fattore di emissione relativo* definito rapportando la sua concentrazione con quella dell'elemento più abbondante la cui concentrazione, di norma, viene posta uguale a 100.
La definizione del profilo emissivo di una sorgente può permettere confronti con altri profili emissivi (confronto fra più sorgenti), o fra un profilo emissivo e la presenza di quegli stessi inquinanti nell'ambiente (profilo di contaminazione), per cercare di correlare una situazione ambientale con una determinata sorgente.
Per valutare il risultato di questi confronti si può utilizzare la regressione lineare dei fattori di emissione o il rapporto fra i fattori di emissione dei singoli congeneri. Nel primo caso, la corrispondenza fra i profili può essere espressa dal coefficiente di regressione lineare (R^2), nell'altro, la perfetta uguaglianza sarà definita dal valore 1 riscontrato per tutti i congeneri[21].

Metalli

Per quanto riguarda i metalli, sebbene la realizzazione di un profilo emissivo sia possibile anche per questo gruppo di inquinanti, il fatto di ritrovare, nelle emissioni, valori generalmente inferiori al limite minimo di quantificazione, rende, di fatto, poco attendibile una attribuzione numerica alle condizioni osservate e la valutazione della loro dispersione ambientale è più attendibile se riferita ai singoli elementi.

Diossine e furani

Il profilo emissivo di diossine e furani dall'inceneritore di Montale è riportato in tabella 36, nella quale sono messi a confronto i valori elaborati considerando tutte le analisi effettuate dal 1998 ad oggi e quelli ottenuti dopo la riapertura dell'impianto nel dicembre 2007. I due profili emissivi considerati sono stati nuovamente normalizzati sul valore della octacloro-dibenzo-diossina[22]. Nella stessa tabella, sono riportati anche i rapporti fra i singoli congeneri nonché il loro logaritmo[23]

In figura 13, i profili emissivi relativi alle due serie sono riportati in forma grafica.

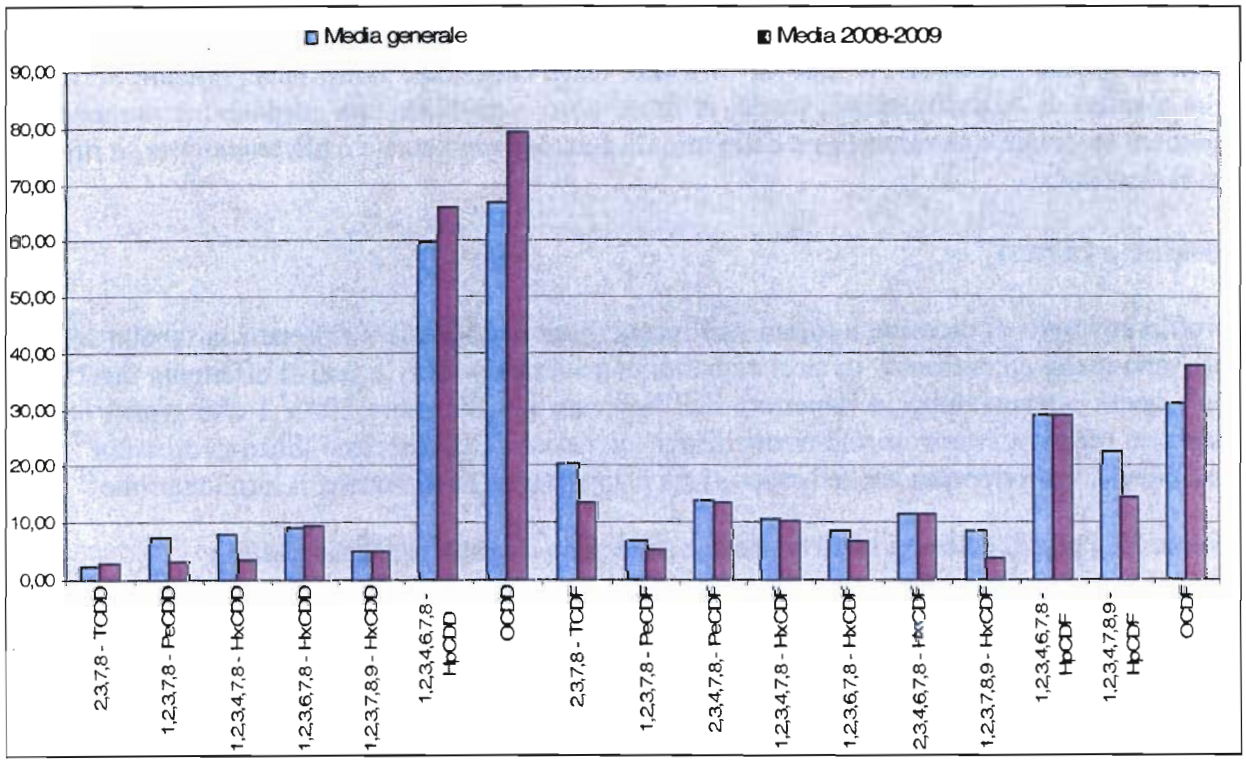
---

[21] Generalmente invece del valore dei rapporti, viene utilizzato il loro logaritmo. In questo caso la perfetta uguaglianza è espressa dal valore zero (Log 1 = 0), e saranno registrati valori positivi quando il congenere e maggiormente rappresentato nella serie al numeratore , valori negativi in caso contrario.
[22] Elaborando una singola analisi al congenere presente in maggiore quantità è assegnato il valore 100. Raggruppando più analisi, il valore massimo può risultare inferiore a 100 se, in alcune occasioni, quel congenere non è risultato essere il componente principale.
[23] I valori relativi ai profili emissivi, quando normalizzati rispetto ad un componente, sono valori adimensionali. Ovviamente sono adimensionali anche i valori relativi ai rapporti fra i congeneri

Tabella 36 : profili emissivi delle emissioni dell'impianto di incenerimento di Montale

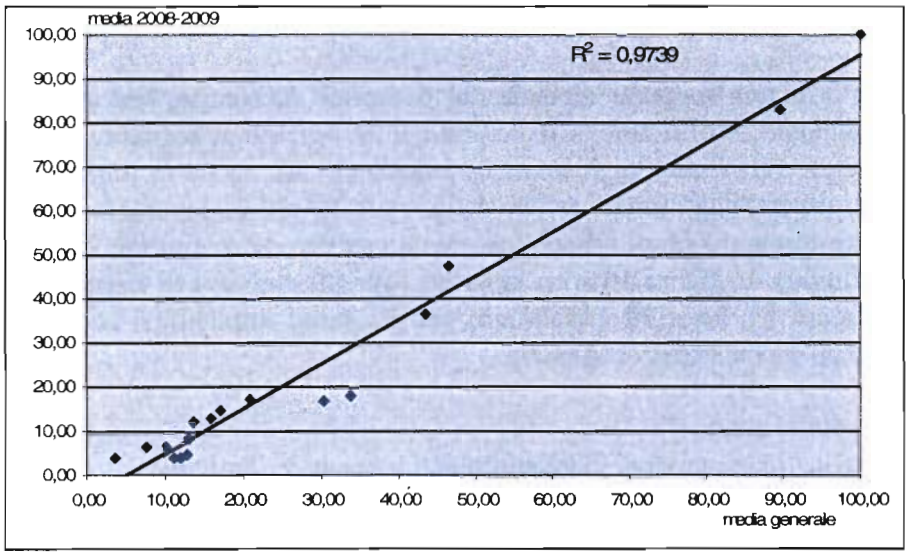
	2,3,7,8 - TCDD	1,2,3,7,8 - PeCDD	1,2,3,4,7,8 - HxCDD	1,2,3,6,7,8 - HxCDD	1,2,3,7,8,9 - HxCDD	1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	OCDD	2,3,7,8 - TCDF	1,2,3,7,8 - PeCDF	2,3,4,7,8,- PeCDF	1,2,3,4,7,8 - HxCDF	1,2,3,6,7,8 - HxCDF	2,3,4,6,7,8 - HxCDF	1,2,3,7,8,9 - HxCDF	1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	OCDF
media generale	3,6	11,2	12,0	13,7	7,6	89,6	100,0	30,4	10,3	20,8	15,8	12,9	17,1	12,9	43,5	33,9	46,5
media 2008-2009	3,9	4,2	4,5	12,0	6,3	82,9	100,0	17,3	6,7	17,0	12,9	8,4	14,6	4,8	36,6	18,2	47,5
Rapporto (R)	0,9	2,7	2,7	1,1	1,2	1,1	1,0	1,8	1,5	1,2	1,2	1,5	1,2	2,7	1,2	1,9	1,0
Logaritmo (R)	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,0

Figura 13 : Profilo emissivo di diossine e furani



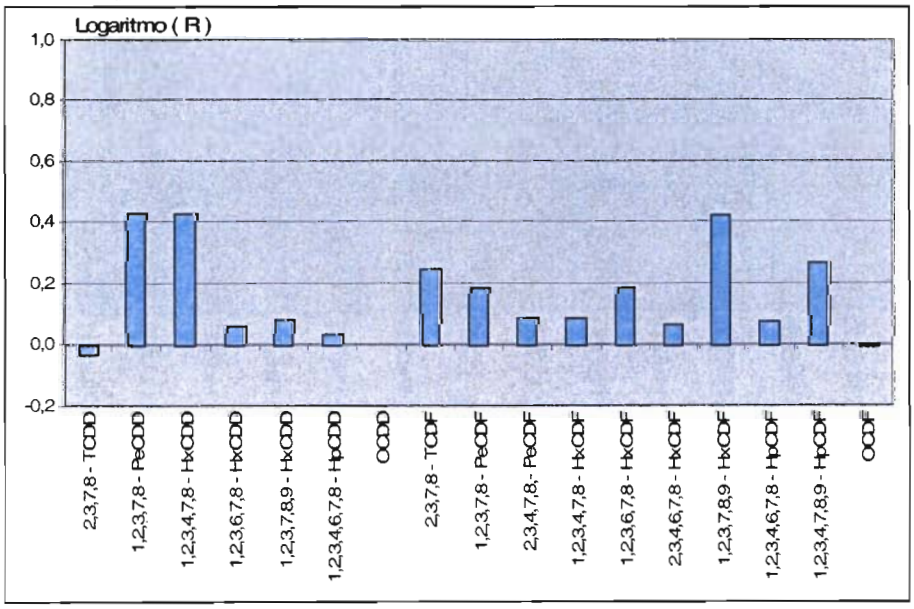
Per quanto, rispetto al 1998, molte cose siano cambiate nella struttura impiantistica, i due profili emissivi non appaiono molto diversi. Questa affermazione appare ancora più evidente se si riportano in grafico i fattori emissivi dei singoli congeneri (figura 14), ovvero il logaritmo del loro rapporto (figura 15).

Figura 14 : Confronto fra i profili emissivi ottenuti dalle analisi condotte all'impianto di Montale relativamente a diossine e furani



Come evidente, e confermato anche dal valore del coefficiente R^2, le due serie sono assai simili ed anche l'esame dei rapporti dei singoli congeneri riportato in figura 15 evidenzia un sostanziale accordo fra i due profili emissivi poiché in nessun caso si osservano valori elevati del rapporto logaritmico[24].

Figura 15 : Logaritmi dei rapporti fra la media generale e quella relativa al biennio 2008-2009



In conseguenza di questa similitudine risulta sostanzialmente indifferente usare l'una o l'altra serie e quindi, per le successive elaborazioni, intendendo indagare gli effetti eventualmente prodotti nel tempo dall'inceneritore e in considerazione del fatto che gli inquinanti oggetto di maggiore attenzione hanno tempi di permanenza nell'ambiente assai elevati, sarà privilegiato l'uso della media di più ampia validità temporale, fatti salvi casi in cui si volessero indagare effetti legati a situazioni più recenti

---

[24] La perfetta similitudine nella presenza di un congenere la si ha quando risultano uguali, nelle due serie considerate, i fattori di emissione dei singoli congeneri e quindi quando il loro rapporto è uguale a 1 e, conseguentemente, il logaritmo di tale rapporto è uguale a zero.

Il profilo emissivo di una sorgente dipende dal materiale incenerito, ma anche dalla tecnologia costruttiva dell'impianto. Profili diversi rispetto a quello tipico dell'impianto di Montale (Impianto a tamburo rotante), li ritroviamo negli impianti industriali, ma anche in impianti di incenerimento che trattano rifiuti diversi dagli urbani (rifiuti industriali, fanghi di depurazione delle acque, ecc.) e in impianti che, pur trattando rifiuti urbani, utilizzano una diversa tecnologia (ad esempio impianti a griglia o a letto fluido). In figura 16 sono riportati i profili emissivi di alcuni impianti presenti in Toscana. Nelle figure 17, 18 e 19 è riportato, per gli stessi impianti, il confronto con il profilo emissivo relativo all'inceneritore di Montale.

Gli impianti considerati sono:
- impianti a griglia (valori medi di cinque impianti presenti in Toscana),
- impianti a letto fluido (valore relativo ad un impianto presente in Toscana)
- impianti di incenerimento di rifiuti speciali non pericolosi (fanghi da impianti di depurazione) (valore relativo ad un impianto presente in Toscana)

Figura 16 : Profili emissivi di due tipologie di impianti di incenerimento di RSU ed un impianto di incenerimento di RSNP

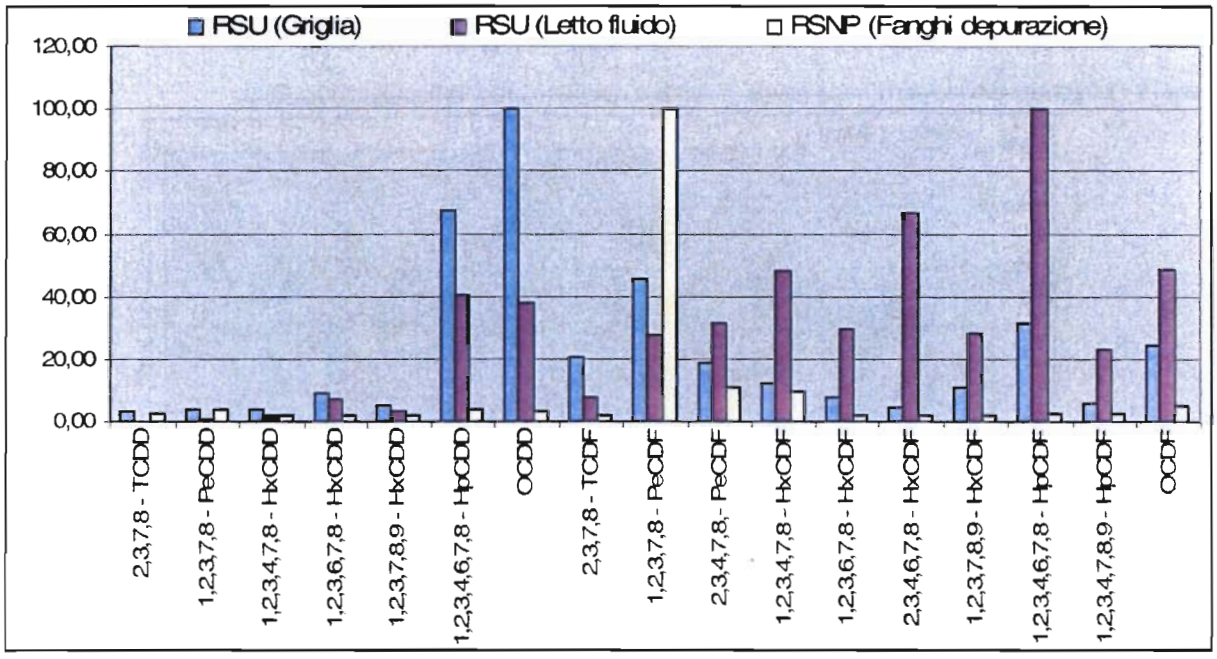


Figura 17 : confronto fra il profilo emissivo dell'inceneritore di Montale (tamburo rotante) ed impianti di incenerimento RSU a griglia

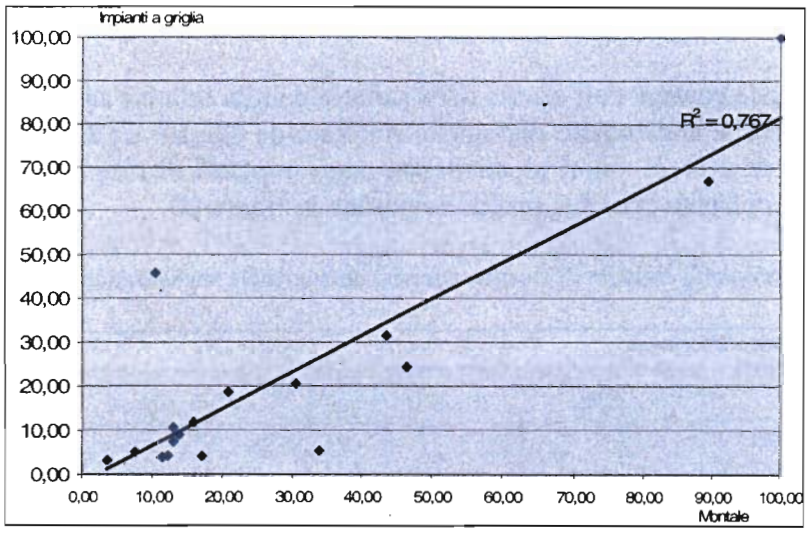


Figura 18 : confronto fra il profilo emissivo dell'inceneritore di Montale (tamburo rotante) ed impianti di incenerimento RSU a letto fluido

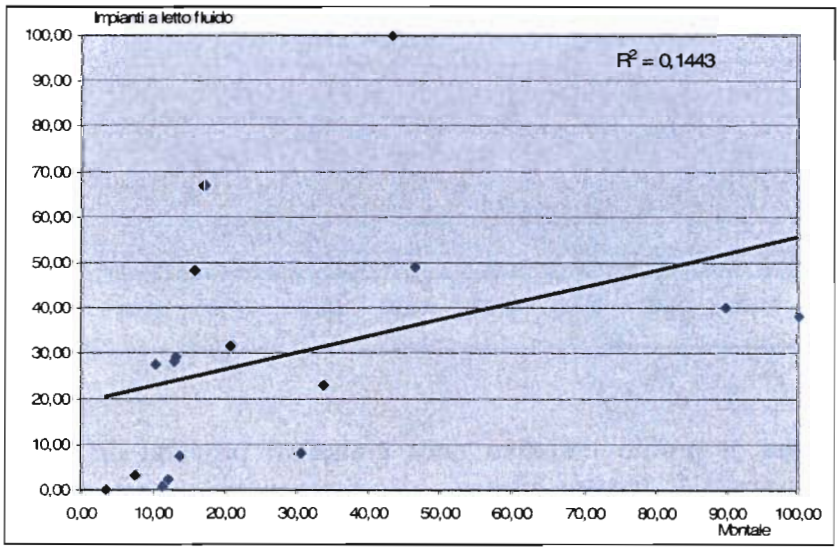
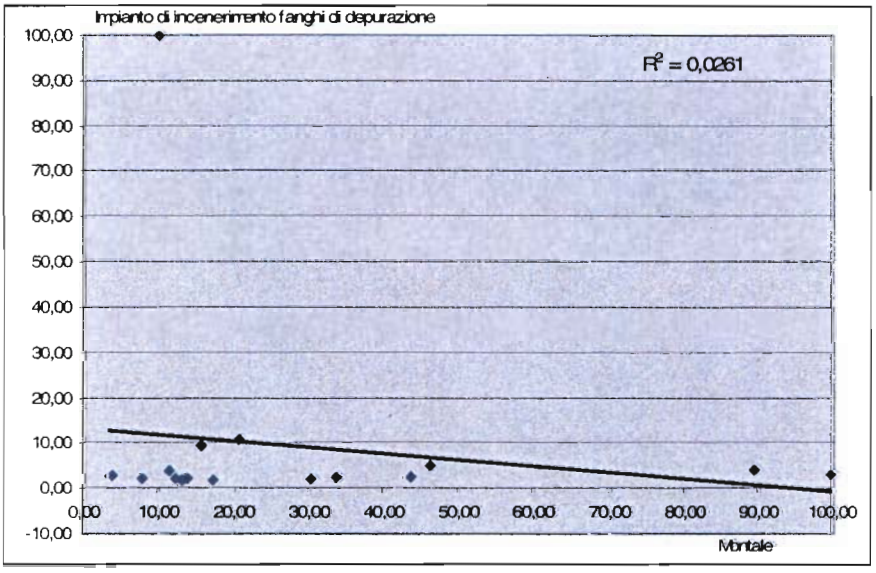
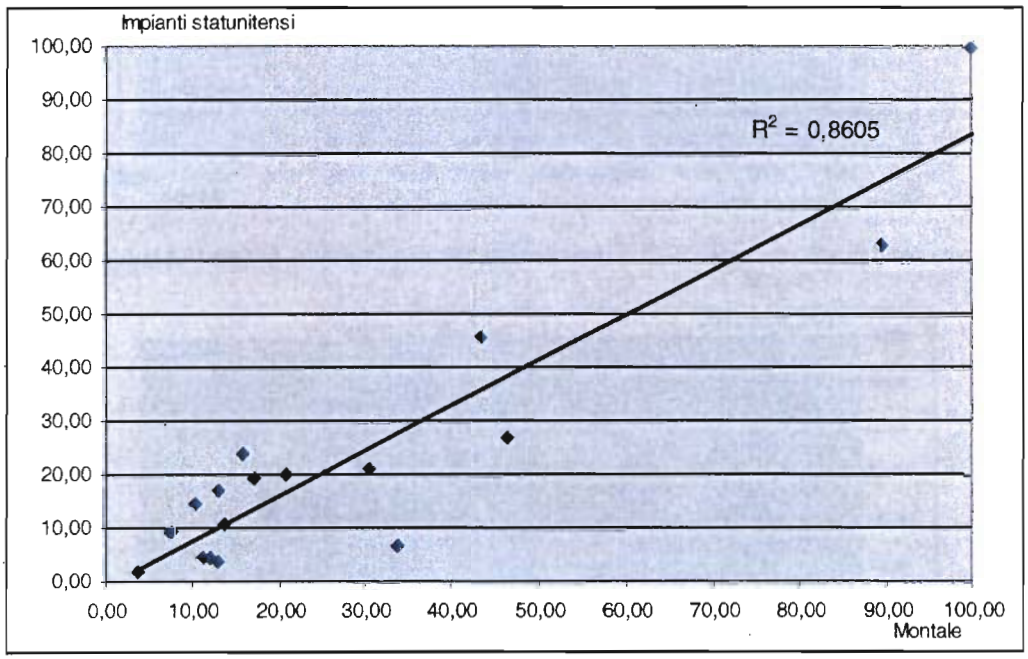


Figura 19: confronto fra il profilo emissivo dell'inceneritore di Montale (tamburo rotante) ed impianti di incenerimento RSNP (Fanghi di depurazione)



Il profilo emissivo che emerge dall'esame dei risultati analitici relativi alle emissioni dell'impianto di Montale è stato anche confrontato con quello riportato da US_EPA (2005) (ripreso da un lavoro di Huckaby 2003), relativo ai valori medi rilevati negli impianti di incenerimento di rifiuti urbani statunitensi[25, 26]. Il confronto fra i due profili è riportato in figura 20

Figura 20: Confronto fra i profili emissivi di diossine e furani, ottenuti dalle analisi condotte all'impianto di Montale e valori medi statunitensi



In definitiva, dunque, il profilo emissivo delle emissioni prodotte dall'impianto di Montale, relativamente alla presenza di diossine e furani, può essere individuato in quello riportato in figura 13 e, in particolare in quello riferito alla media generale di tutte le analisi condotte dal 1998 al 2009. Esso risulta abbastanza simile a quello riferito agli impianti a griglia, ma molto diverso da quello riferibile ad impianti di incenerimento di RSU costruiti con tecnologia a letto fluido o ad impianti diversi dagli inceneritori di RSU: affermazione confermata anche dall'esame dei dati riportati da US EPA, relativi ad impianti statunitensi.

---

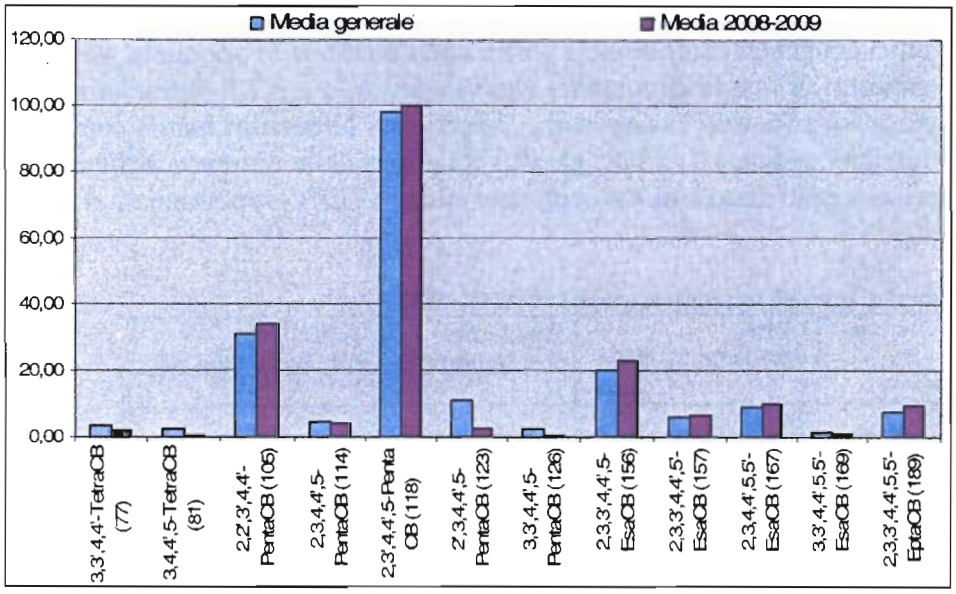
[25] Disponibile all'indirizzo http://www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/2k-update/pdfs/Dioxin_Chapter_3.pdf; (tabella 3.4). Ultima consultazione 26 febbraio 2010.

[26] Gli impianti considerati sono sostanzialmente impianti "a griglia" e quindi diversi dagli impianti a forno rotante come quello di Montale anche se, come emerge dal confronto fra gli impianti presenti in Toscana, i profili emissivi degli impianti a griglia e a forno rotante sono abbastanza simili e decisamente diversi da quelli ritrovati negli impianti a letto fluido.

PCB

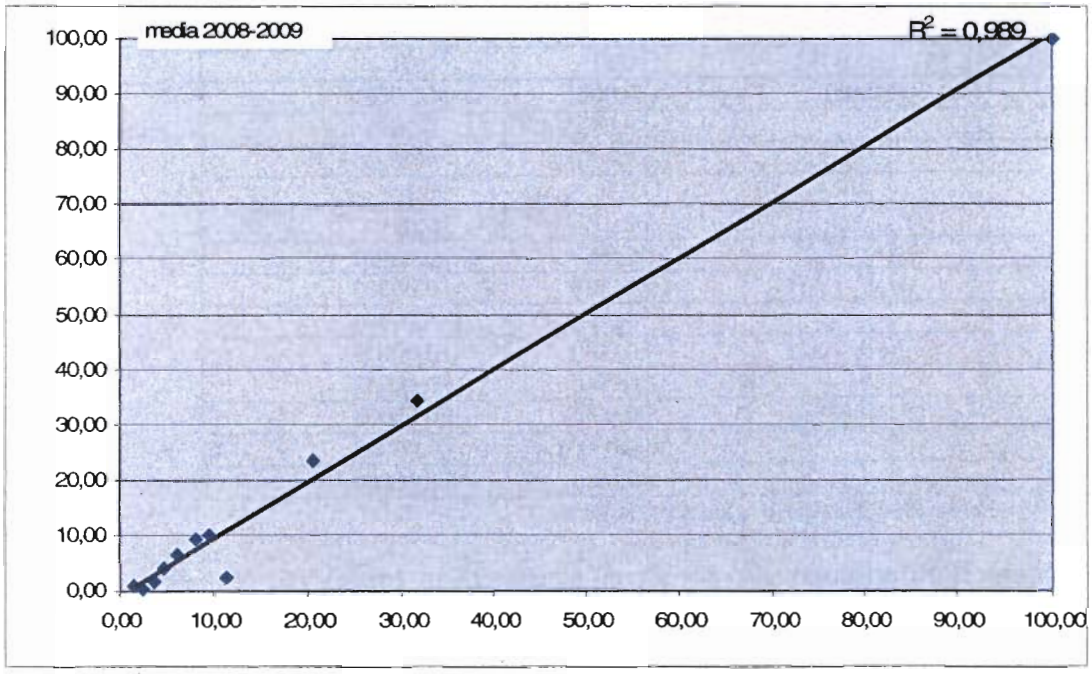
Anche per i PCB può essere stabilito un profilo emissivo. Quello relativo all'impianto di incenerimento di Montale, è riportato in figura 21.

Figura 21 : Profilo emissivo dei PCB.



Anche per questi contaminanti il confronto fra le due serie non mostra sostanziali differenze anche se, in questo caso, le due serie differiscono solo per poche analisi in conseguenza del fatto che la ricerca dei PCB è iniziata solo in anni recenti.

Figura 22 :Confronto fra i profili emissivi ottenuti dalle analisi condotte all'impianto di Montale relativamente ai PCB



I valori di TEQ per diossine, furani e PCB

Poiché non tutti i congeneri di diossine e furani sono tossici o lo sono alla stessa maniera, è stato introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente. Alla 2,3,7,8-Tetracloro-p-dibenzo diossina (TCDD), la più tossica fra tutti i congeneri, i diversi Enti Normatori hanno convenuto di assegnare un fattore di tossicità uguale a 1; a tutti gli altri congeneri delle diossine, ai furani e ai PCB dioxin-like, sono stati assegnati fattori di tossicità equivalenti (TEF) proporzionali al loro minore potere tossico.

Tabella 37 – Fattori di tossicità equivalente secondo NATO e WHO

Congenere	I-TEFs (NATO/CCMS – 1988)	WHO-TEFs (Van den Berg 1998)	WHO TEFs (Van den Berg et al. 2005
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001	0,0003
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001	0,0003
PCB 77		0,0001	0,0001
PCB 81		0,0001	0,0003
PCB 126		0,1	0,1
PCB 169		0,01	0,03
PCB 105		0,0001	0,00003
PCB 114		0,0005	0,00003
PCB 118		0,0001	0,00003
PCB 123		0,0001	0,00003
PCB 156		0,0005	0,00003
PCB 157		0,0005	0,00003
PCB 167		0,00001	0,00003
PCB 189		0,0001	0,00003

(T = Tetra; Pe = Penta; Hx = Hexa; Hp = Hepta; O = Octa)

Le serie di valori differiscono solo per alcuni congeneri. In genere, per le matrici ambientali, viene utilizzata la serie I-TEFs mentre per le matrici alimentari la serie WHO-TEFs.
Per esprimere la concentrazione complessiva di diossine, furani e PCB-DL si utilizzano quindi i sopradetti fattori di tossicità, esprimendo la Tossicità complessiva come Tossicità equivalente (TEQ) calcolata come sommatoria dei prodotti tra i valori di TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse con l'unità di misura della matrice in cui vengono riscontrate.
Poiché il valore di TEQ è una somma di prodotti numerici, ad ogni congenere deve essere assegnato un valore anche quando l'informazione analitica può solo dire che quel congenere è risultato inferiore al proprio limite di rivelabilità. In questi casi, per convenzione, anziché assegnare un valore zero, viene assegnato un valore pari al limite di rivelabilità (matrici alimentari) o alla metà del limite di rivelabilità (matrici ambientali). Questo criterio, per quanto riguarda le matrici alimentari, è stato adottato in virtù del principio di precauzione mentre, per quanto riguarda le matrici ambientali, il criterio adottato è stato stabilito poiché statisticamente si considera più

probabile che il valore vero di concentrazione, ancorché non determinabile analiticamente, sia intermedio fra le posizioni estreme (zero e limite di rivelabilità) [27]

In tabella 38, i valori già riportati in tabella 28, sono convertiti nei rispettivi TEQ utilizzando i fattori di tossicità della serie I-TEFs.
Nella stessa tabella sono riportati anche i valori della incertezza associata al valore di TEQ ed il range con $P<0,05$

Relativamente ai PCB, la loro presenza nei campioni di terreno finora esaminati è risultata sempre piuttosto bassa, sia in termini di concentrazione assoluta, sia in termini di concentrazione espressa come TEQ. In tabella 39 i valori ritrovati relativamente a questi inquinanti, ottenuti convertendo in TEQ i valori già riportati in tabella 31.

Per quanto riguarda i sedimenti, la presenza di diossine e furani, espressa in termini di quantità totali e in termini di Tossicità Equivalente è riportata in tabella 40

Infine, per quanto riguarda le acque, la presenza di diossine, furani e PCB è risultata quasi sempre inferiore ai limiti di rilevabilità. Solo la octacloro dibenzo diossina, l'1,2,3,4,7,8,9 eptacloro dibenzo diossina, l'octacloro dibenzo furano, il PCB 105, il PCB 118 e il PCB 156, sono risultati, in alcuni casi, quantificabili.

---

[27] Istituto Superiore di Sanità – Edoardo Menichini, Giuseppe Viviano : Trattamento dei dati inferiori al limite di rivelabilità nel calcolo dei risultati analitici.

Tabella 38: Diossine e furani nei campioni di terreno esaminati: Valori totali e corrispondenti valori di TEQ

Terreni: valori espressi in ng/kg s.s. (diossine totali) e ng TEQ/kg s.s. per i valori di tossicità equivalente		Zona_n. campione	PCDD + PCDF totale (17 congeneri ricercati)	PCDD + PCDF TEQ	Incertezza	Valore minimo P<0,05	Valore massimo P<0,05
Comune	Ubicazione						
Cutigliano	Tauffi - Il Melo (Sig. N.W.)	0A_38	45,70	6,10	2,30	3,80	8,40
Cutigliano	Tauffi - Il Melo (Sig. N.W.)	0A_38_2	55,23	2,78	0,70	2,08	3,48
Pistoia	v. Imbarcati	0B_17	58,47	1,70	0,70	1,00	2,40
Prato	v. del Beccarello	0B_25	58,78	1,13	0,35	0,78	1,48
Pistoia	v. Galcigliana	0B_26	31,01	1,54	0,56	0,98	2,10
Pistoia	v. degli Spagnesi	0B_27	54,96	1,92	0,52	1,40	2,44
Pistoia	v. Fiorentina	0B_28	38,97	0,99	0,36	0,63	1,35
Pistoia	v. Ciliegiole	0B_29	299,13	5,97	1,15	4,82	7,12
Serravalle	v. S. Biagio - Casalguidi (Sig. G. R.)	0B_30	55,38	2,05	0,75	1,30	2,80
Quarrata	v. Bel riposo Valenzatico (Sig. M. LF.)	0B_31	46,21	2,53	0,94	1,59	3,47
Pistoia	S. Piero in Vincio (Sig. C. M.)	0B_36	17,05	2,04	0,82	1,22	2,86
Pistoia	Via Lupicciano - Cignano (Sig. B. G.)	0B_37	87,40	6,80	2,50	4,30	9,30
Pistoia	Via Lupicciano - Cignano (Sig. B. G.)	0B_37_2	71,86	2,58	0,56	2,02	3,14
Agliana	v. Lungo Calice 15 (Sig. V. L.)	0C_32	54,98	2,16	0,82	1,34	2,98
Agliana	v. Lungo Calice	0C_35	36,46	2,23	0,89	1,34	3,12
Montale	Scuola v. Vignolini	1_15	32,79	2,90	1,40	1,50	4,30
Montale	Scuola Nerucci	1_16	51,91	2,50	1,20	1,30	3,70
Montemurlo	v lungo il Bagnolo	1_18	18,18	1,62	0,60	1,02	2,22
Agliana	v. Salcetana	2_11	53,46	3,60	1,90	1,70	5,50
Montale	v. Garibaldi	2_13	40,90	3,40	1,40	2,00	4,80
Agliana	v. Salcetana	2_14	30,05	2,00	0,80	1,20	2,80
Agliana	v. Saverio	2_34	33,72	2,09	0,84	1,25	2,93
Montale	v. Compietra	3_01	45,20	3,94	2,10	1,84	6,04
Agliana	Scuola S. Niccolò	3_09	40,78	1,80	0,66	1,14	2,46
Agliana	ITC Capitini	3_12	38,73	2,40	1,20	1,20	3,60
Montemurlo	v. f.lli Rosselli	3_19	26,55	1,59	0,90	0,69	2,49
Montemurlo	Oste - v. Palarciano	3_24	37,82	1,83	0,77	1,06	2,60
Montale	ditta Crealfil	4_04	32,46	1,60	0,84	0,76	2,44
Agliana	Parco Pertini	4_06	7,85	0,84	0,43	0,41	1,27
Montale	v. del Sottopasso	4_08	21,76	2,90	1,50	1,40	4,40
Agliana	Lega Tennis	4_10	10,28	1,30	0,65	0,65	1,95
Montemurlo	v. Cicignano	4_22	52,89	1,83	0,61	1,22	2,44
Montemurlo	Oste - p. Amendola	4_23	66,17	1,06	0,34	0,72	1,40
Agliana	v. De André	4_33	47,76	2,46	0,98	1,48	3,44
Montale	Adiacenze impianto	5_02	10,60	1,38	0,76	0,62	2,14
Agliana	v. Alfieri	5_03	43,42	1,63	0,78	0,85	2,41
Montale	T. Agna	5_05	88,20	1,20	0,52	0,68	1,72
Agliana	Parco Pertini	5_07	13,41	1,20	0,61	0,59	1,81
Montemurlo	v. Puccini	5_20	23,58	2,50	1,10	1,40	3,60
Montemurlo	v. Oglio	5_21	59,00	2,40	1,10	1,30	3,50

Il D. Lgs 152/2006 riporta come valori di riferimento 10 ng TEQ/kg s.s. per aree ad uso residenziale e 100 ng TEQ/kg s.s. per aree ad uso industriale. Il DP GRT n. 14R/2004 non riporta valori di riferimento per le aree ad uso agricolo

Tabella 39 : PCB-dl nei campioni di terreno esaminati: Valori totali e corrispondenti valori di TEQ

Comune	Ubicazione	Zona_n. campione	PCB totali (ng/kg s.s.)	PCB totali (ng TEQ/kg s.s.)
Cutigliano	Tauffi - Il Melo	0A_38/2	1,3	0,0003
Cutigliano	Tauffi - Il Melo	0A_38/1	4,03	0,0015
Serravalle	v. S. Biagio - Casalguidi	0B_30	0,21	0,0008
Quarrata	v. Bel riposo Valenzatico	0B_31	10,25	0,0020
Pistoia	S. Piero in Vincio	0B_36	0,35	0,0013
Pistoia	Cignano	0B_37/1	3,8	0,0004
Pistoia	Cignano	0B_37/2	2,1	0,0004
Agliana	v. Lungo Calice	0C_32	2,88	0,0010
Agliana	v. Lungo Calice	0C_35	0,43	0,0016
Agliana	v. Saverio	2_34	0,4	0,0014
Agliana	v. De André	4_33	0,41	0,0014

Tabella 40 : Diossine, furani e PCB-dl nei campioni di sedimento esaminati: Valori totali e corrispondenti valori di TEQ

valori espressi in ng/kg s.s.)		Profondità (metri)	PCDD+PCDF		PCB	
Comune	Ubicazione					
			Totali	TEQ	Totali	TEQ
Agliana	Lago Pertini N/E	3	75,77	3,85	35,69	0,0025
Agliana	Lago Pertini N/O	8	422,93	14,86	124,81	0,0066
Agliana	Lago 1° Maggio NE	8	79,76	5,05	9,15	0,0012
Agliana	Lago 1° Maggio NO	8	275,13	12,77	47,50	0,0033

Osservazioni e commenti ai risultati analitici

Metalli

Pur richiamando quanto detto a proposito dei valori di riferimento per i metalli rilevati nel suolo e, in particolare, la non perfetta correlabilità fra i risultati analitici ottenuti da strati di terreno superficiali e limiti previsti dal D. Lgs 152/2006, si può comunque rilevare che, fra tutti i valori ottenuti dall'analisi dei 38 campioni esaminati, quello che emerge maggiormente è il valore relativo al piombo nel punto 29 (Area classificata come area agricola, ubicata nei pressi di Via Ciliegiole nel Comune di Pistoia) nel quale, la concentrazione del metallo (1360 mg/kg), se confermata per la profondità di 1 metro dal piano di campagna come richiesto dal D. Lgs 152/2006, risulterebbe superiore a quella che lo stesso decreto prevede come limite per le aree industriali (1000 mg/kg) e ancor più a quella prevista per le aree agricole dal D.P. GRT 22.02.2004 n. 14 R. (375 mg/kg).
Altre quattro postazioni, delle quali due classificate come agricole e due come residenziali, hanno mostrato valori di rame superiori ai rispettivi limiti di confronto e tre postazioni, tutte classificate come residenziali, hanno mostrato valori di Zinco superiori al limite previsto per tali aree. In tutte le sette postazioni nelle quali la presenza di metalli è risultata superiore ai limiti previsti per le rispettive destinazioni d'uso dei territori, si dovranno ripetere i campionamenti e, se necessario, estendere il prelievo a maggiore profondità. In caso di conferma dei valori ad oggi osservati, dovranno essere programmati specifici piani di indagine.

L'analisi statistica dei valori osservati, indipendentemente dalle destinazioni d'uso dei singoli territori, condotta con il test di Huber (mediana) $P<0,05$, utilizzato anche per il commento ai valori relativi a diossine e furani, ha evidenziato come anomali alcuni valori relativi al piombo (1360 mg/kg terreno nel punto n. 29), al rame (valori superiori a 80 mg/kg di terreno riscontrati in 8 postazioni), allo zinco (548 mg/kg di terreno ritrovati nella postazione 29 e 201 mg/kg di terreno nella postazione 30), al cadmio (0,81 mg/kg di terreno nella postazione 36 e 0,46 mg/kg di terreno nella postazione 10). Nessun valore anomalo è stato riscontrato fra i risultati relativi al nickel, al cromo, al mercurio ed all'arsenico.
La tabella 41 riporta i valori medi e mediani riscontrati

Tabella 41

	Piombo	Rame	Cadmio	Cromo	Nichel	Zinco	Mercurio	Arsenico
n. campioni	38	38	38	38	38	38	38	7
n. valori anomali	1	8	2	0	0	2	0	0
media (*) (mg/kg)	46,4	38,4	0,21	69,6	74,8	115,5	0,23	5,0
mediana (*) (mg/kg)	43,6	36,0	0,18	66,4	73,9	109,4	0,20	5,0

(*) esclusi valori anomali

Per quanto relativo ai sedimenti, questa matrice è considerata dal D.M. 14 aprile 2009 n. 56, ma solo limitatamente ai sedimenti nei corpi idrici marino costieri e di transizione.
Non abbiamo termini di paragone, né tanto meno valori limite, per i sedimenti nei corpi idrici delle acque interne.
Se consideriamo quanto prescritto per i terreni, nei campioni di sedimenti esaminati si ritrovano quantità di metalli dello stesso ordine di grandezza anche se i valori relativi indicano, nelle postazioni "Lago Pertini Pontile Lato N/O" e "Cava I° Maggio Pontile Lato N/O", una presenza di metalli superiore a quella rilevata nelle altre due postazioni; in queste stesse postazioni è risultata superiore anche la concentrazione di microinquinanti.
I valori attualmente disponibili sono comunque insufficienti per consentire una adeguata elaborazione statistica.

Diossine e Furani

I risultati ottenuti dalle analisi dei suoli hanno mostrato in tutti i campioni concentrazioni di diossine e furani, espresse come TEQ, inferiori ai limiti previsti dal D. Lgs 152/06 per le aree residenziali.
I suddetti valori, peraltro, non sono apparsi correlabili con la distanza del punto di campionamento dall'inceneritore dimostrando che la presenza ambientale di diossine e furani è verosimilmente dovuta a più sorgenti.
Tutti i valori di diossine e furani espressi come TEQ, ritrovati durante la prima campagna di rilevamenti (38 campioni), sono stati verificati con il test di Huber (mediana) ad un livello di significatività P<0,05. Tre campioni sono risultati anomali.
Per uno dei tre valori riconosciuti come anomali dal test di Huber (campione n. 29) l'anomalia è giustificabile dal fatto che su di esso possono incidere fattori di pressione riconosciuti come possibili fonti di diossine (in particolare il traffico veicolare), mentre per gli altri due valori (campioni nn. 37 e 38) la anomalia non risulta giustificabile poiché per essi, essendo ubicati in aree lontane da centri abitati, industrie e rilevanti vie di comunicazione, oltreché dall'impianto di incenerimento, si attendevano valori bassi da assumere come bianco mentre gli stessi hanno fatto registrare i valori in assoluto più elevati (6.8 ngTEQ/kg terreno nel campione n. 37 e 6.1 ngTEQ/kg terreno nel campione n. 38). E' stato quindi deciso di ripetere questi campionamenti ottenendo rispettivamente valori di 2,6 e 2,8 ng TEQ/kg terreno, ovvero assolutamente analoghi a quelli ritrovati in altre aree.
Per la successiva analisi statistica, non essendo state individuate cause specifiche che potrebbero aver determinato i due valori definiti "anomali", e per non introdurre elementi che potrebbero diminuire in modo arbitrario l'importanza degli effetti determinati dall'inceneritore, è stato deciso di adottare la strategia più cautelativa e non considerare i valori anomali[28] . L'analisi statistica dei campioni relativi alle 38 postazioni, fornisce un valore medio pari a 2,14 ngTEQ/kg terreno con un intervallo fiduciale (P<0,05) compreso fra 1,82 e 2,46.
I valori medi osservati nelle singole zone, le loro deviazioni standard e l'intervallo fiduciale, sono riportati in tabella 42.

Tabella 42 – Valori medi rilevati nelle aree in cui è stato diviso il territorio oggetto di studio.

Zona di campionamento	Numero di campioni	Valore medio ngTEQ/kg terreno	dev. st.	i.f. (P<0,05) +/-
0A	1	2,78		
0B	10 (*)	2,24	1,41	1,01
	9 (**)	1,83	0,55	0,42
0C	2	2,20	0,06	0,57
1	3	2,38	0,70	1,74
2	4	2,77	0,88	1,40
3	5	2,31	0,96	1,19
4	7	1,71	0,75	0,69
5	6	1,69	0,60	0,62

(*) comprendendo il valore anomalo rilevato nel campione n. 29
(**) escludendo il valore anomalo rilevato nel campione n. 29

L'analisi della varianza fra i sette gruppi di osservazioni[29] mostra una "varianza tra gruppi" pari a 0,721 ed una "varianza entro i gruppi" pari a 0,956, con un rapporto F pari a 0,754, inferiore quindi al valore limite di 2,42 (P<0,05) previsto per le dimensioni dello studio (7 gruppi, 37 osservazioni)

---

[28] Se avessimo considerato i due valori elevati ritrovati in aree lontane dall'inceneritore, avremmo innalzato i valori medi attribuiti al "bianco" e quindi avremmo diminuito la differenza con aree ritenute soggette alla ricaduta delle emissioni dell'inceneritore
[29] E' esclusa, ovviamente, la zona 0A poiché rappresentata da un solo valore

dimostrando che le differenze osservate non sono significative e non vi sono dati sufficienti per concludere che una delle serie sia diversa dalle altre.

Il confronto fra il profilo emissivo dell'impianto (cfr figura 12) ed i profili di contaminazione ambientale non permette di evidenziare strette correlazioni. Seguendo le procedure di confronto già in precedenza descritte è stata infatti calcolata la regressione lineare fra il profilo emissivo ed i diversi profili di contaminazione rilevati nelle diverse aree, ottenendo fattori di correlazione sempre molto bassi. La tabella 43 riporta i valori medi dei profili di contaminazione ambientale calcolati in base ai valori riportati in tabella 28. La tabella 44, i valori di R^2 calcolati in base ai suddetti valori ed a quelli del profilo emissivo già riportato in tabella 36 (media generale).

Tabella 43 : Profili di contaminazione ambientale medi per diossine e furani

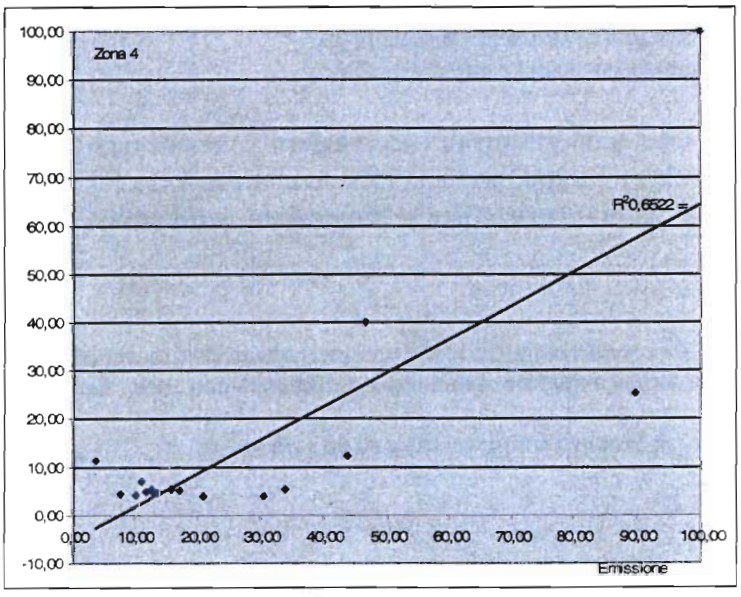
Zona	2,3,7,8 - TCDD	1,2,3,7,8 - PeCDD	1,2,3,4,7,8 - HxCDD	1,2,3,6,7,8 - HxCDD	1,2,3,7,8,9 - HxCDD	1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	OCDD	2,3,7,8 - TCDF	1,2,3,7,8 - PeCDF	2,3,4,7,8,- PeCDF	1,2,3,4,7,8 - HxCDF	1,2,3,6,7,8 - HxCDF	1,2,3,7,8,9 - HxCDF	2,3,4,6,7,8 - HxCDF	1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	OCDF
0	4,72	4,46	4,01	4,09	3,59	20,92	100,00	9,76	6,14	4,23	4,86	5,72	5,20	5,03	16,23	4,22	20,92
1	6,02	5,26	5,59	4,92	2,15	12,57	100,00	4,68	2,37	4,06	4,35	5,96	5,39	4,29	7,03	3,05	12,31
2	5,12	5,60	3,33	3,23	2,70	6,98	100,00	2,81	2,41	2,86	3,81	3,62	3,28	3,66	6,77	3,15	19,38
3	10,52	8,12	6,80	6,29	5,96	10,86	100,00	3,82	3,84	6,47	5,94	8,51	5,19	7,23	14,75	6,18	38,26
4	11,23	7,01	4,86	4,66	4,51	25,37	100,00	3,92	4,16	4,05	5,35	5,05	5,09	5,51	12,17	5,39	40,02
5	6,54	4,72	2,47	2,33	1,97	12,90	100,00	2,69	2,02	2,15	2,98	2,64	4,13	3,00	9,39	2,38	25,37

Tabella 44 : Fattori di regressione lineare ottenuti dal confronto fra il profilo emissivo dell'inceneritore di Montale ed i profili di contaminazione ambientale rilevati nella analisi dei terreni

	Zona					
	0	1	2	3	4	5
R^2	0,6469	0,5308	0,5062	0,5265	0,6522	0,5730

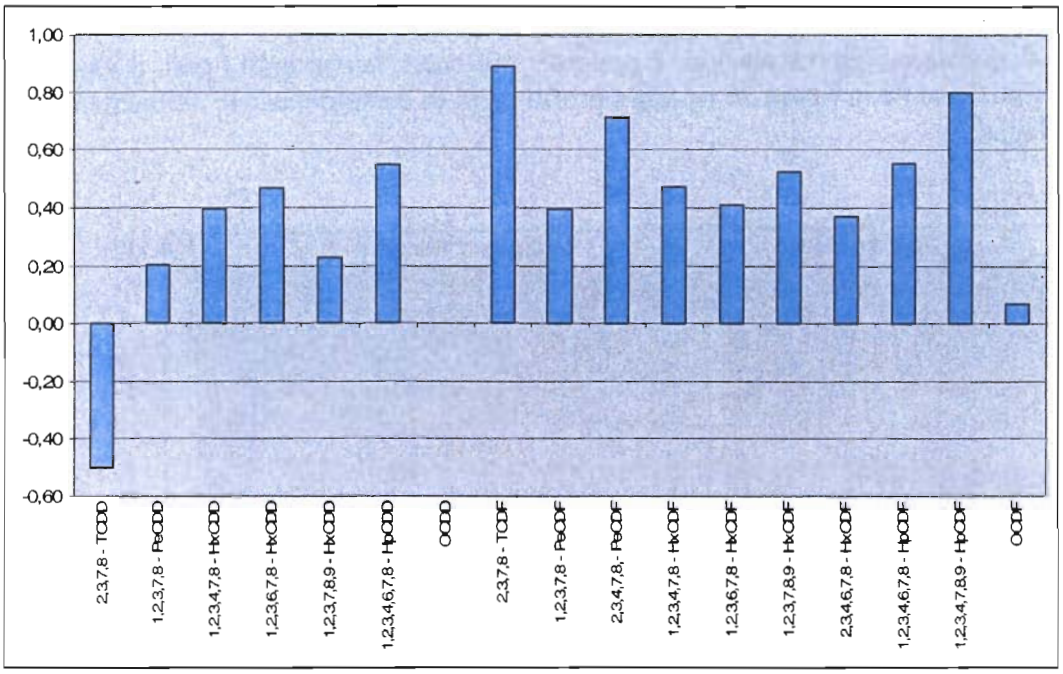
I fattori di regressione sono risultati in tutti i casi assai bassi. Il valore maggiore è stato riscontrato per la zona 4 ma, come evidente dalla figura 23, anche in questo caso la correlazione è decisamente bassa.

Figura 23 : correlazione fra il profilo emissivo dell'inceneritore di Montale e il profilo di contaminazione ambientale rilevato nella Zona 4



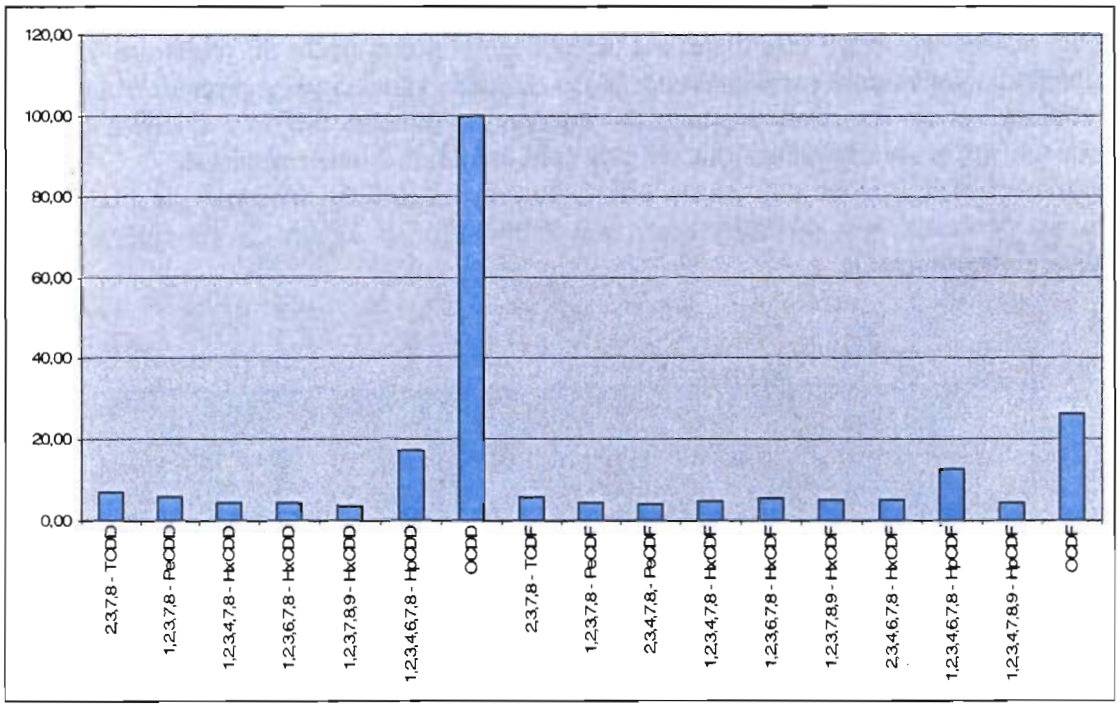
La figura 24 riporta il logaritmo dei rapporti fra i fattori emissivi normalizzati e i fattori di contaminazione ambientale relativi alla Zona 4.
Si evidenzia come la mancanza di correlazione interessi quasi tutti i congeneri, anche se con maggiore rilevanza per i furani e, in particolare, 2,3,7,8-TCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF e 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF.

Figura 24 :



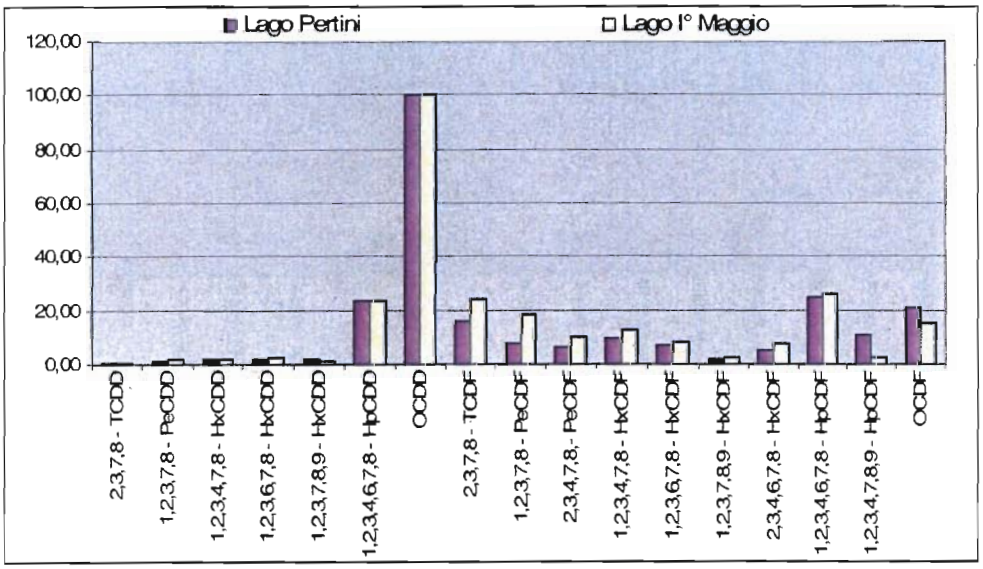
Non essendo state evidenziate particolari differenze fra le diverse postazioni indagate, si riporta il profilo di contaminazione ambientale medio ottenuto da tutte le 38 postazioni indagate (figura 25)

Figura 25 :



Per quanto riguarda i sedimenti, il confronto fra i profili di contaminazione ambientale relativi ai due campioni prelevati dal Lago Pertini ha fornito un valore di R^2 uguale a 0,9187, mentre per il confronto fra i profili di contaminazione ambientale relativi ai due campioni prelevati dal Lago I° Maggio, il valore di R^2 è risultato uguale a 0,8846.
In forza di questa buona correlazione è possibile utilizzare, in entrambi i casi, il valore medio delle due determinazioni e la figura 26 riporta i profili medi di contaminazione ambientale relativi ai due laghi indagati.

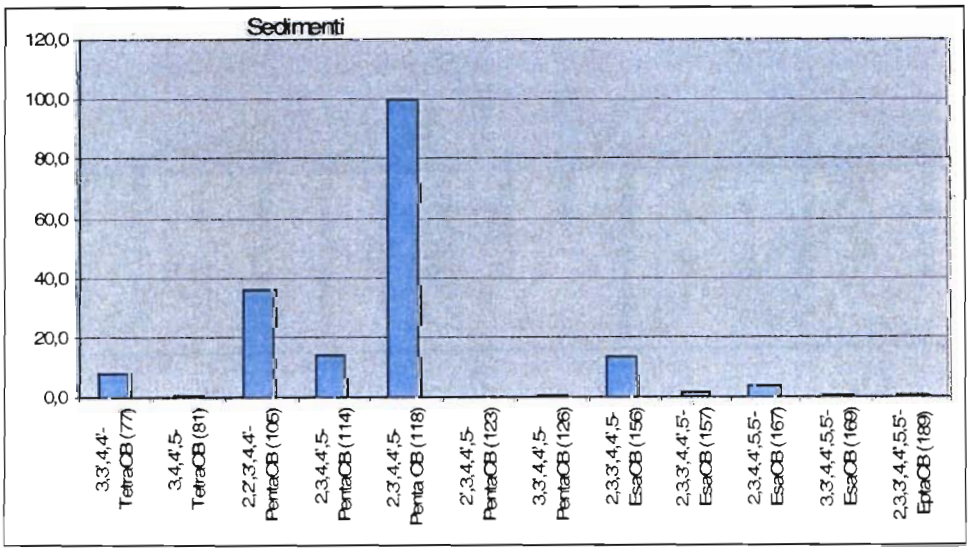
Figura 26 :



PCB

I dati attualmente disponibili sono troppo pochi per permettere una adeguata elaborazione.
Le poche analisi ad oggi effettuate sui terreni consentono solo di registrare un livello di contaminazione contenuto e certamente più basso di quello rilevato nei sedimenti. Il fatto poi che le analisi abbiano spesso registrato presenza di congeneri in quantità inferiore al limite di rilevabilità, impedisce una adeguata individuazione dei profili di contaminazione ambientale.
Un tentativo di elaborazione può essere effettuato con i sedimenti nei quali, la maggior quantità presente, ha permesso una quantificazione più attendibile. La Figura 27 ne riporta il profilo di contaminazione ambientale.

Figura 27 :



Anche per questi contaminanti è poi utile verificare le differenze che caratterizzano il profilo di contaminazione ambientale rispetto al profilo emissivo di una specifica sorgente, operazione che può essere condotta calcolando il rapporto fra i singoli congeneri normalizzati sul valore del PCB 118. In figura 28 è riportata questa elaborazione dopo conversione dei suddetti rapporti nei rispettivi valori logaritmici.
Si osserva come le maggiori differenze abbiano segno positivo (presenza relativa nelle emissioni maggiore che nei sedimenti) e riguardino soprattutto i congeneri 123, 189, 126 e 81.

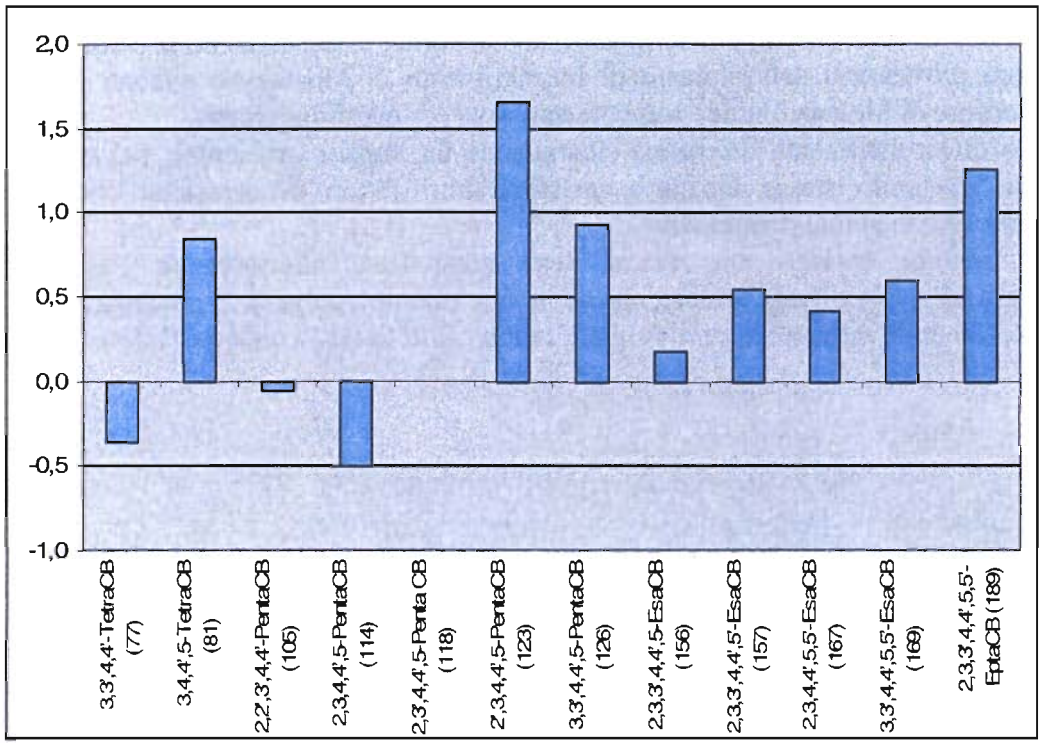



Figura 28 : Rapporto fra i logaritmi dei congeneri normalizzati relativi alla emissione dell'inceneritore e quelli relativi ai sedimenti provenienti dai due laghi indagati.